

**Jiří HUSÁRIK<sup>1</sup>**

## **OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ BENTONITOVÝCH HYDROIZOLACÍ**

### **VERIFICATION PROPERTIES BENTONITE'S INSULATION**

#### **Abstrakt**

Pomocí provedených testů a zmapování realizace včetně aktivace použitých bentonitových hydroizolací se podařilo objasnit skutečnou funkci a chování bentonitových izolací na rozsáhlých stavbách s nepříznivými okolními podmínkami a tím aspoň částečně vyplnit chybějící prostor v normativních technických předpisech. Jednotlivé testy byly prováděny ve speciálně připravených nádobách z plexiskla, v nichž bylo simulováno prostředí realizace izolací. Typy izolací byly testovány jak v ploše tak ve spojích.

#### **Klíčová slova**

Bentonitová hydroizolace, ověření funkce.

#### **Abstract**

Use of tests carried out, and the mapping of the implementation, including the activation of the bentonite's insulation have managed to clarify the actual insulation of the function and behavior of bentonite's insulation on large construction sites with the insulation of unfavourable environmental conditions and thus at least partially fill in the missing space in the normative technical regulations. Various tests have been carried out in a specially prepared containers of Plexiglas, which was simulated environment implementation of isolation. Types of insulation were tested both in the workplace and in services.

#### **Keywords**

Bentonite's insulation, verification function.

## **1 ÚVOD**

V současnosti je v odvětví hydroizolací konstrukcí na trhu řada materiálů a izolačních výrobků. Řada z nich se používá již dlouhá léta a jsou dostatečně odzkoušené. I přesto, že výrobce se snaží své materiály stále zdokonalovat, tak se stále zároveň musí řada staveb dodatečně injektovat, jelikož voda prosakuje přes izolace až ke konstrukcím a skrz ně. Prosakování vod skrz hydroizolace může mít několik základních příčin. Může se jednat o nevhodný výběr izolace do daného prostředí nebo izolace nebyla provedena správně, případně byla při realizaci stavby poškozená nebo izolační materiál je již za svou životnost. První příčinu lze minimalizovat až vyloučit v době přípravy projektové dokumentace při dostatečné znalosti prostředí a dodržení technických listů pro jednotlivé izolace. Druhou příčinu lze také minimalizovat, ale dle mého názoru ne vyloučit, protože zde sehrává velkou roli lidský faktor v podobě dělníků provádějících celou stavbu včetně pohybu těžké techniky na staveništích. No a třetí faktor lze ovlivnit jen do míry technologických možností nebo využití přírody.

---

<sup>1</sup> Ing. Jiří Husárik, Metrostav a.s., divize 2, Koželužská 2246, 180 00 Praha 8, tel.: (+420) 725 060 124 e-mail: jiri.husarik@metrostav.cz.

Na výše uvedené faktory se snaží navrhnout většina výrobců své hydroizolace, nicméně ne všechny faktory lze laboratorně vyzkoušet. Při výběru hydroizolací se můžeme ze všech katalogů dočíst specifikace a vlastnosti jednotlivých výrobků, které jsou důležité, ale nic nám neříká o skutečném způsobu provádění izolací. Obchodní zástupci firem většinou pouze uvádí výhody materiálů, ale o nevýhodách se nezmiňují. Není se čemu divit, když hlavní motivací obchodu je prodej daného výrobku. Proto je nesmírně důležité mít zkušenosti z realizace staveb při použití jednotlivých materiálů. Dnes již s některými materiály máme velké zkušenosti jako například s fóliovými hydroizolacemi nebo bitumenovými pásy. Já jsem se rozhodl, že prověřím možnosti bentonitových hydroizolací a jejich využití v dopravním stavitelství, jelikož při svém studiu jsem se s těmito izolacemi vůbec nesetkal a po příchodu do praxe jsem zjistil, že v dopravním stavitelství tyto izolace také nejsou moc známy a zkušenosti s nimi má jen úzká řada osob.

Harmonizované evropské normy pro geosyntetické izolace zavedené v současné době v České republice se zabývají specifikací polymerních, jílových a živčinných izolací. V těchto technických předpisech nalezneme požadavky na mechanicko-fyzikální vlastnosti, postupy pro posuzování shody, zkušební metody, požadavky na výrobce, vhodnosti použití, systém kontrol atp., čili prakticky vše co potřebujeme pro návrh, realizaci i zkoušení vodotěsných izolací znát. Bohužel zatím nejsou v České republice v tomto smyslu zpracované žádné normativní technické předpisy pro vodotěsné hydroizolace fungující na základě přírodních bentonitů. Tato skutečnost se promítá i do praktického použití.

Účastníci stavebního procesu, myšleno především projektanti, zhotovitelé a investoři, jsou tímto postaveni před rozhodnutí použít systém, který nemá normativní oporu oproti standardizovaným systémům. I když, až na některé výjimky, nejsou výše citované normy závazné, dá se často výsledek výběru předpokládat. Přesto se přírodního bentonitu pro výrobu různých typů vodotěsných izolací využívá čím dál víc.

Bentonitové hydroizolace prošly v posledních asi 20 letech značným vývojem. Z používání především na skládkách v USA se postupně z bentonitových rohoží začaly izolovat podzemní stavby i v Evropě a dnes se mohou zhotovitelé prezentovat i použitím v ražených tunelech, především ve Skandinávských zemích.

V České republice byla bentonitová hydroizolace využívána při prvních aplikacích jako druhotný, nebo řekněme, záložní systém k izolacím tzv. standardním. Takto zdůvodněné využití již byl investor ochoten akceptovat.

Následná první využití bentonitových hydroizolací jako hlavního izolačního systému měla své nedostatky vyplývající často ze špatné aplikace, která nezhledňovala hlavní zásadu pro správnou funkci tohoto bobtnavého přírodního materiálu, a to je zajištění celoplošného dostatečného přtlaku na izolovanou konstrukci.

V současné době se již vyrábějí bentonitové izolace s kombinacemi vícevrstevných rohoží s obsahem granulátu nebo jemné moučky uzavřené v tkaných a netkaných geotextíliích bez folií nebo s foliemi na bázi PE nebo PVC\_P. Stále častěji se používá kaširování bentonitu na folie a využívá se i tzv. předhydratace bentonitu.

Nicméně i v dnešní době jsou tyto izolační materiály rovněž používány jako sekundární izolace ostatních druhů izolací jako je např. PVC, asfaltový pás či řada dalších.

## **2 SPECIFIKACE TESTOVANÉHO MATERIÁLU**

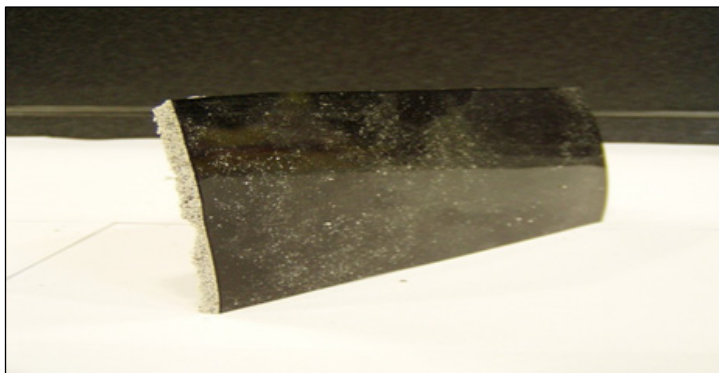
Ve svém příspěvku se zabývám prověřením možností a vlastností bentonitových rohoží. Do bentonitových rohoží se aplikují dva základní druhy bentonitu, buď tzv. suchý nebo předhydratovaný. Ty pak mohou být dále upraveny dle agresivity vody. V dnešní době se na trhu s hydroizolacemi vyskytuje řada výrobků, u kterých je především kombinována vrstva bentonitu s rohoží nebo folií jako nosnou konstrukcí výrobku [4].

Pro svůj příspěvek jsem využil výrobky VOLTEX (bentonitová rohož) od společnosti CETCO, DUAL SEAL (bentonitový kompozit) od společnosti ZENIT a rohož EUROBENT.

Hydroizolace DUAL SEAL je bentonitový kompozit sestávající z vrstvy sodné bentonitové hlíny a vysokotuhostní polyetylenové (HDPE) folie.

**Vybrané technické specifikace hydroizolace DUAL SEAL [1]:**

Celková tloušťka membrány	3,5 – 4 mm.
Schopnost nabobtnání membrány (sodný bentonit)	přibl. 6 krát.
Teploty při instalaci	-30°C až +55°C.
Definitivní poškození membrány při protažení	700 % (týká se fóliové vrstvy izolace).
Odolnost vůči hydrostatickému tlaku	0,46 MPa.

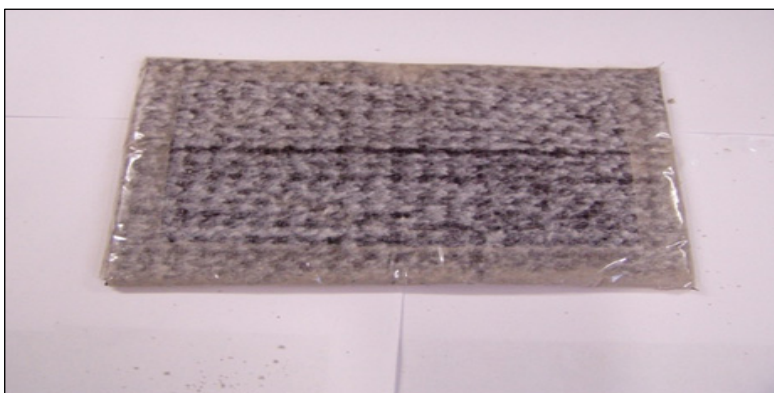


Obr. 1: Bentonitový kompozit DUAL SEAL

Hydroizolace VOLTEX je bentonitová rohož, která se skládá z vrstvy bentonitu sodného rovnoměrně uloženého mezi dvěma (tkanou a netkanou) polypropylenovými geotextiliemi vysoké pevnosti. Způsob prošíání geotextilie zabraňuje přemístění bentonitu mezi polypropylenovými geotextiliemi.

**Vybrané technické specifikace hydroizolace VOLTEX [2]:**

Celková tloušťka rohože za sucha	6,7 mm	EN 9863-1
Teploty při instalaci	od -32°C	ASTM D-1970
Odolnost vůči hydrostatickému tlaku	0,702 MPa	ASTM D-5385
Odolnost vůči protlačení (CBR)	1,5 kN	EN ISO 12236
Obsah bentonitu	4,80 kg/m <sup>2</sup>	EN 14196
Absorbce vody	24 ml/2g	ASTM D-5890
Pevnost v tahu	8 kN/m	EN ISO 10319



Obr. 2: Bentonitový kompozit VOLTEX

### Vybrané technické specifikace hydroizolace EUROBENT 5000:

Celková tloušťka rohože za sucha	7,0 mm	
Odolnost vůči protlačení (CBR)	2,5 kN	EN ISO 12236
Obsah bentonitu	5,00 kg/m <sup>2</sup>	
Absorbce vody	25 ml/2g	ASTM D-5890
Pevnost v tahu	10 kN/m	EN ISO 10319

## 2 TESTY HYDROIZOLACÍ PROVÁDĚNÉ VÝROBCEM IZOLACE

Ověření vlastností a funkce hydroizolace při styku s vodou po zabudování do konstrukce nebylo dosud oficiálně provedeno a výsledky nikde publikovány. Veškeré testy izolací dodávané od výrobců jednotlivých typů materiálů jsou prováděny jen v laboratořích se zaměřením na požadované parametry, ale bez ohledu na vnější vlivy vyskytující se při realizaci nebo po zabudování do definitivní konstrukce.

Vstupní kontrole kvality je podrobována jak geotextilie, tak i bentonit (sleduje se především plošná hmotnost geotextilií a u bentonitu obsah montmorillonitu, „methylenblue absorption VDG P69“).

Vlastní výroba spočívá v propojení konstrukce těchto třech vrstev výrobní technologií tzv. vpichem. Tímto způsobem je zabezpečeno celoplošné spojení vrstev do kompozitu a dokonalá fixace vrstvy bentonitu sodného o definované tloušťce.

Tab.1: Parametry kontrolovány výrobcem bentonitové rohože VOLTEX [3].

Parametr	Norma	Jednotka	Četnost zkoušek
Index bobtnání bentonitu	ASTM D 5890	ml/2g	každých 4'000m <sup>2</sup>
Index ztráty kapaliny bentonitu	ASTM D 5891	ml	každých 4'000m <sup>2</sup>
Plošná hmotnost bentonitové složky	EN 14196	kg/m <sup>2</sup>	každých 4'000m <sup>2</sup>
Propustnost/index kompozitu	flux ASTM D 5887	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /s	každý výrobní týden (průměrně každých 75'000m <sup>2</sup> )

Propustnost/hydraulická vodivost kompozitu	ASTM D 5887	cm/s	každý výrobní týden (průměrně každých 75'000m2)
Pevnost v tahu kompozitu	EN ISO 10319	kN/m	každých 4'000m2
CBR-test kompozitu	EN ISO 12236	kN	každých 4'000m2
Tažnost kompozitu	EN ISO 10319	%	každých 4'000m2
Pevnost při odlupování kompozitu	ASTM D 6496	N/10cm	každých 4'000m2
Délka a šířka role kompozitu		m	průběžně

#### 4 OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ BENTONITOVÉ HYDROIZOLACE POMOCÍ TESTŮ

Pro ověření vlastností bentonitových hydroizolací byly zvoleny testy izolací, při kterých bylo simulováno prostředí po zabudování hydroizolace do konstrukce. Nejvhodnější metodou jak zmapovat funkci hydroizolace při její aktivaci v době styku s vodou bylo provedení testů v nádobách z plexiskla, které umožnily detailní zdokumentování postupné aktivace hydroizolace.

Tyto skleněné nádoby byly provedeny s perforovaným dnem, pod které byly umístěny svody pro vytékající vodu, která protékla skrz hydroizolaci. Do nádob byl umístěn perforovaný válec obalený geotextilií, pro měření výšky hladiny vody, tak aby byl zajištěn stejný tlak vodního sloupce dle potřeby technologických postupů jednotlivých testů.



Obr. 3: Zkušební místnost s umístěnými nádobami z plexiskla pro testy izolací

Každá zkouška byla zaznamenávána do protokolu. Celkem bylo provedeno 32 testů, přičemž byly testovány 3 typy bentonitových izolací za různých podmínek.

Pro testy bentonitových hydroizolací byly vybrány shodné materiály, které byly použity při realizaci tunelových konstrukcí v rámci výstavby MO Myslbekova – Pelc-Tyrolka a to z toho důvodu aby bylo možné porovnat výsledky z testů s reálnou situací na staveništi. Zároveň bylo možné na základě zmapování funkce izolací při testech vyhodnotit případné průsaky na stavbě a stanovit vhodný postup sanací. K těmto materiálům byl ještě navíc u některých testů vyzkoušen materiál Eurobent pro porovnání výsledků i s jinými typy materiálů.

Přehled provedených typů testů:

- 1. test hydroizolace bez spojů s nevyhovujícím podkladem (simulace vzniku kaveren),
- 2. test hydroizolace bez spojů s vyhovujícím podkladem,
- 3. test hydroizolace se spojem (záplatou) ze spodu,
- 4. test hydroizolace se spojem (záplatou) shora,
- 5. test hydroizolace s tupým spojem (záplatou),
- 6. test hydroizolace při aktivování deštěm,
- 7. test hydroizolace Dual Seal se záplatou a spoji v rozích.



Obr. 4: Zkouška funkce hydroizolace VOLTEX s nevyhovujícím podkladem



Obr. 5: Test hydroizolace Voltex se záplatou ze spodu (doporučená záplata od výrobce)





Obr. 6: Umístění záplaty hydroizolace Voltex z horní strany  
(opačné uložení než doporučuje výrobce)



Obr. 7: Test hydroizolace Voltex se spojem záplaty natupo



Obr. 8: Test hydroizolace Dual Seal

#### 4 VYHODNOCENÍ PROVEDENÝCH TESTŮ

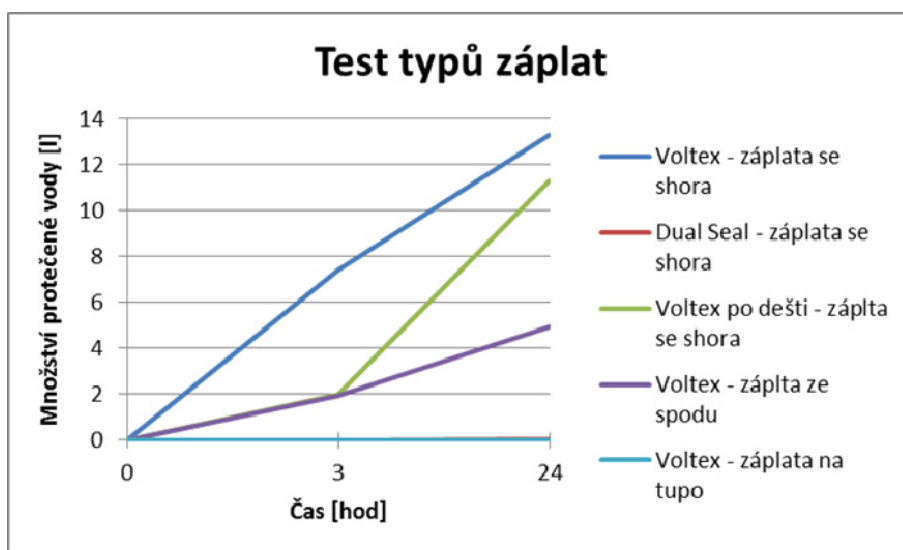
Jednoznačný závěr lze učinit ohledně podkladu pro bentonitovou hydroizolaci. Při vytvoření kaveren je izolace po určitou dobu propustná a aktivace hydroizolace do fáze utěsnění v místě nevhodného podkladu je delší. Navíc při vytvoření větší kaverny by nemuselo k zastavení průsaků vůbec dojít. Správná funkce bentonitové hydroizolace tedy závisí na kvalitě podkladu pod izolaci a u typů bentonitových rohoží realizovaných před betonáží železobetonových konstrukcí taktéž na kvalitě provedení betonáže žebet. konstrukce tak, aby nedocházelo ke vzniku kaveren a hnízd v betonu [5].

Hydroizolace Voltex bez záplat v podmínkách s vhodným podkladem potvrdila svoji funkci a nepropustila žádnou vodu. Hydroizolace je tedy v ploše nepropustná a opět jako u všech jiných hydroizolací závisí množství propuštěné vody a její funkce na spojkách.

Pro optické znázornění a srovnání jednotlivých testů byly zpracovány grafy Obrázek 9, Obrázek 10.

Jednotlivé výsledky testů odpovídají průběhům jednotlivých testů, ale množství vody je částečně zavádějící, jelikož k průsakům docházelo vždy hlavně v rozích nádoby, kde bylo problematické vyložení hydroizolace a také dosažení požadovaného přitlaku bylo problematické i přesto, že těmto místům byla věnována mimořádná pozornost. Z tohoto důvodu jsou některé výsledky zavádějící a částečně zkreslené. Takovým příkladem jsou např. testy záplaty shora u rohože Voltex, kde test č. 2 vykázal dvojnásobné průsaky než testy č. 4 a 6.

Na základě výše uvedeného je nejdůležitějším faktorem pro srovnání jednotlivých testů výsledek zmapování průběhu testů a množství průsaku v místě jednotlivých typů záplat.



Obr. 9: Graf průsaku vody při testování různých typů záplat hydroizolace

Dle grafu Obrázek 9 a taktéž skutečného průběhu testu byly jednotlivé záplaty u rohože Voltex vyhodnoceny následovně:

- 1. záplata na tupo – v testech vyšla jednoznačně jako nejlepší záplata, nepropustila žádnou vodu, protože v místě tupého spoje nevznikla žádná drenážní vrstva. Výsledek byl srovnatelný s rohoží Dual Seal a nebo s testem rohože Voltex bez záplaty,
- 2. záplata ze spodu – jedná se o záplatu, kterou doporučuje výrobce izolace. Při vbetonování záplaty do konstrukce by tato záplata mohla vykazat ve skutečnosti příznivější výsledky,

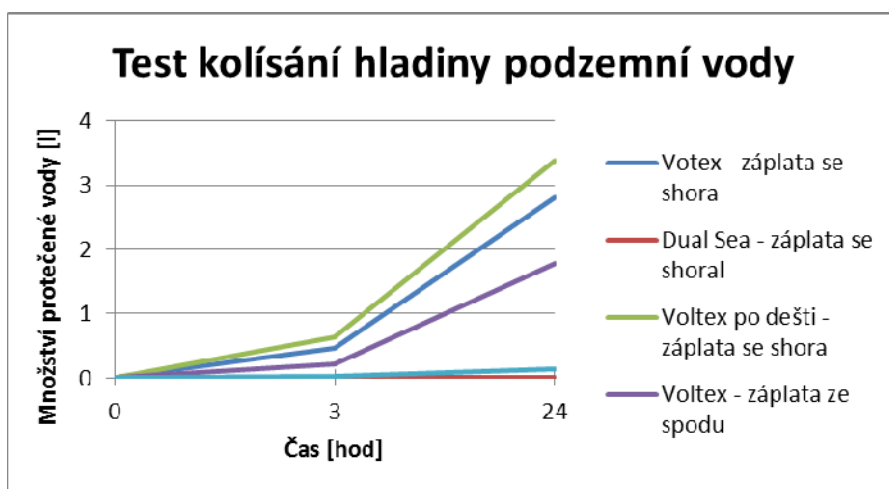


- 3. záplata shora aktivovaná deštěm – samotná simulace deště nezapříčinila zhoršení vlastností bentonitové hydroizolace. Vůči stejnému typu záplaty došlo ke zmenšení průsaku, jelikož izolační vrstva byla již aktivována,
- 4. záplata shora – tato záplata vykázala nejhorší výsledky. V místě spoje fungovala geotextilie jako drenáž a záplata umístěná proti vodě měla funkci trychtýře, který drénoval vodu z plochy 500 x 500mm do otvoru 250 x 250mm. Tento typ záplaty doporučuji nepoužívat a spíše při nalezení podobného spoje na stavbě doporučuji předělání záplaty.

Test kompozitu Dual Seal vykázal velice dobré výsledky, jelikož nepropustil téměř žádnou vodu. Tato skutečnost vychází hlavně z konstrukčního řešení hydroizolace, protože v místě spoje záplaty nevznikla žádná drenážní vrstva jako je tomu u rohože Voltex. Byly tedy potvrzeny vlastnosti a funkce hydroizolace udávané výrobcem.

Spoje, které při testu simulace kolísání hladiny vody nepropustily žádnou vodu byly test hydroizolace Voltex ze spojem na tupo (voda prosákla jen v rozích nádoby) a kompozitu Dual Seal. U ostatních spojů a materiálů došlo vždy k propuštění vody, ačkoli již tyto průsaky byly mnohem menší než při testech kdy docházelo k aktivaci hydroizolace až po zalití nádoby vodou. Snížení množství prosáknuté vody bylo z důvodu již aktivované vrstvy bentonitové izolace.

Ze spojů rohože Voltex dopadl nejlépe spoj na tupo. Na druhé místo bych zařadil záplatu aktivovanou deštěm, jelikož většina vody uvedené v tabulce protekla v místě rohů nádoby. Nejhorším spojem se opět prokázal spoj shora u hydroizolace Voltex.



Obr. 10: Graf průsaku vody při testech vlivu kolísání hladiny vody na propustnost hydroizolace

## 5 ZÁVĚR

Z vyhodnocení provedených testů vyplynula skutečnost, že samotné materiály jsou nepropustné a jejich výsledky se shodují s tím, co deklarují jejich výrobci, ale bentonitové hydroizolace typu Voltex ve spojích propouští vodu do doby aktivování bentonitové vrstvy a jejího prostoupení skrz geotextilie. Nejvýhodnějším spojem byl vyhodnocen spoj na tupo s přeplátováním. Použitím tohoto typu spoje by došlo k navýšení potřebného materiálu z důvodu nárůstu spotřeby materiálu na přeplátování spoje na tupo. Tento typ spoje se však jeví jako vhodný pro úseky bez složitých detailů, jelikož zde by spoj na tupo nemusel plně dolíhat. V místech s komplikovanými detaily by však bylo možné použití dnes klasického spoje s přesahem.

Bentonitový kompozit Dual Seal při testech nepropustil ve spoji žádnou vodu a pro použití při aplikacích kde se hydroizolace realizuje na již hotovou železobetonovou konstrukci, se jeví hydroizolace s touto strukturou jako nejvhodnější typ bentonitové hydroizolace.

Rovněž z výše uvedených závěrů vyplývá doporučení pro výrobce bentonitové hydroizolace Voltex v podobě úpravy provádění detailu napojení jednotlivých spojů a záplat hydroizolace. Tento fakt by měl vést k diskuzi s výrobcem izolace o úpravě předpisu pro provádění spojů hydroizolace.

Důležitým poznatkem je zmapování funkce bentonitové hydroizolace Voltex s ohledem na množství propuštěné vody skrz spoje izolace. Tento poznatek je důležitý pro rozhodnutí na jakou konstrukci použít tuto hydroizolaci, protože ne u všech konstrukcí je nutné, aby po realizaci konstrukce a izolačního systému byl objekt okamžitě zcela suchý. V případě tunelů tento požadavek neexistuje, ale tato skutečnost by se měla promítnout do plánování harmonogramu prací, tak aby byly naplánovány např. montáže technologií s určitým odstupem od ustálení hladiny podzemní vody a tím aktivace hydroizolace.

Celkově lze konstatovat, že ideálními aplikacemi pro bentonitové hydroizolace jsou izolace realizované na již hotové stavební konstrukce s použitím materiálů bez nosných geotextilií (např. bentonitový kompozit DUAL SEAL). V případě aplikací bentonitových hydroizolací pod vodorovné nebo svislé železobetonové konstrukce tzn. u izolací „do vany“ bych doporučoval u staveb s požadavkem na suché prostředí ihned po zaizolování konstrukce, z důvodu počáteční propustnosti spojů doplnit hydroizolační systém bentonitových rohoží vždy primárním izolačním systémem (fólie, asfaltové pásy apod.) nebo kombinovat hydroizolační systém s železobetonovou konstrukcí opatřenou minimálně těsníci prvky na bázi bentonitu v pracovních sparách a dilatacích.

Na závěr lze tedy konstatovat, že veškeré hydroizolace, které se dnes používají k izolaci konstrukcí, fólie, asfalty, bentonity, stříkané izolace na bázi cementu, atd..., se dají použít jen pro určité typy staveb a při určitých podmínkách, ale nelze o žádné izolaci konstatovat, že její použití je univerzální na jakýkoli druh stavby v daném stavebním odvětví. Obecně však platí, že hydroizolace spolupůsobící s konstrukcí jsou efektivnější než hydroizolační systémy bez spolupůsobení s konstrukcí a to z důvodu zamezení migrace vody mezi konstrukcí a izolací.

## LITERATURA

- [1] METROSTAV a.s., SATRA a.s., *Projektová dokumentace RDS – SO 9020.05.02 Hloubené tunely Trója*. Praha: 2008
- [2] METROSTAV a.s., SATRA a.s., *Projektová dokumentace RDS – SO 9020.06.02 Hloubené tunely Trója*. Praha: 2007
- [3] CETCO – POLAND, CETCO Sp. z o.o. S.K.A., Quality control of bentonite composite (gcl) provided by the CETCO manufacturer. Poland: 2012
- [4] HUSÁRIK, J. Bentonitové izolace a tunelové konstrukce. *Geotechnika*, 2/2011, roč.13, s. 38-40, ISSN 1211 – 913X.
- [5] HUSÁRIK, J. Závislost bentonitové izolace na kvalitě podkladu. *Tunel*, 3/2012, roč. 21, s. 53-57, ISSN 1211 – 0728.

## Oponentní posudek vypracoval:

Ing. Miroslav Hamřík, Minova Bohemia s.r.o., Ostrava.

Ing. Pavel Šourek, SATRA, spol. s r. o., Praha.